

# 렉크식 제품자동창고화재 원인 조사보고서의 개요

## 1. 머리말

1995년 11월 8일(수) 23시 30분경 일본 埼玉縣 吉見町에서 일어난 렉크식 제품자동창고의 화재는 약 4,000㎡의 제품창고가 전소하고 진화에 약 23시간이 소요, 사망자 3명, 중경상자 6명이 발생한 참사였다. 최신 자동화 무인창고에서의 화재였다는 것과 대규모 렉크식 창고에서 불이 났다는 점에서 사회에 준 충격도 커서 발화원인 규명이 강력히 요구되었다. 현지 소방본부는 자체적으로도 화재원인 조사체제를 갖추고, 소방청 소방연구소에 지도와 협력을 의뢰하였다. 소방연구소에서는 자체 연구원 외에 소방대학교 및 동경소방청 화재조사전문가, 현지 소방본부의 화재조사담당자를 포함한 발화원인 조사반을 조직, 약 1년에 걸쳐 현장검증과 각종 재현실험을 포함한 조사를 실시하고, 조사보고서를 정리하였다. 본고에서는 발화원인 조사의 개요를 소개한다.

## 2. 화재와 시설의 개요

### 가. 화재의 개요

- 발화일시 : 1995년 11월 8일(수) 23시 30분경
- 진 화 : 1995년 11월 9일(목) 22시 45분

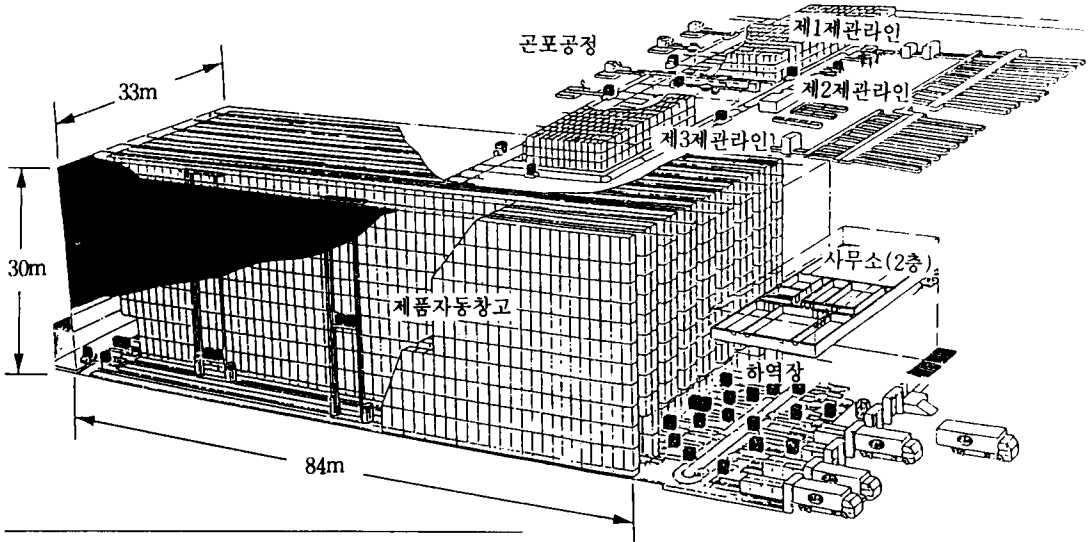
- 소방활동 : 출동인원 410명, 출동차량 44대, 헬리콥터 1대
- 피 해 : 인적 피해 - 사망자 3명, 중상자 1명, 경상자 5명  
물적 피해 - 제품자동창고 전소 (연면적 4,154.82㎡ 중 3,051.49㎡ 소손)

### 나. 시설 개요

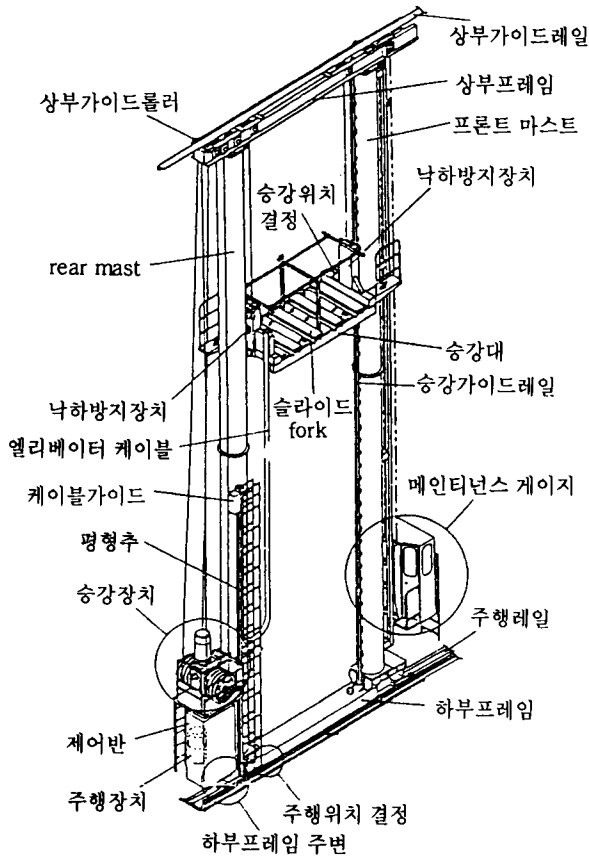
소손된 제품자동창고(1995년 3월 27일 사용개시)는 공장부지의 동남쪽 모퉁이에 위치하며, 이 창고 북쪽 하역장 2층에 사무실 및 컴퓨터가 설치된 콘트롤실이 있다. 제품자동창고는 11단(높이 약 30m), 43連, 16렬의 렉크창고로서, 컴퓨터가 제어하는 8대의 stock car 크레인으로 물품을 반입, 반출한다. 인접한 제관라인에서 제조되어 폴리에틸렌제 파레트 위에 쌓아 올려진 캔은 梱包공정에서 폴리에틸렌 시트를 씌운 후, 무인운송차로 창고에 반입되어 stock car 크레인으로 렉크에 수납된다.

창고의 전체 배치개요를 그림1에, stock car 크레인의 개요를 그림2에 나타낸다.

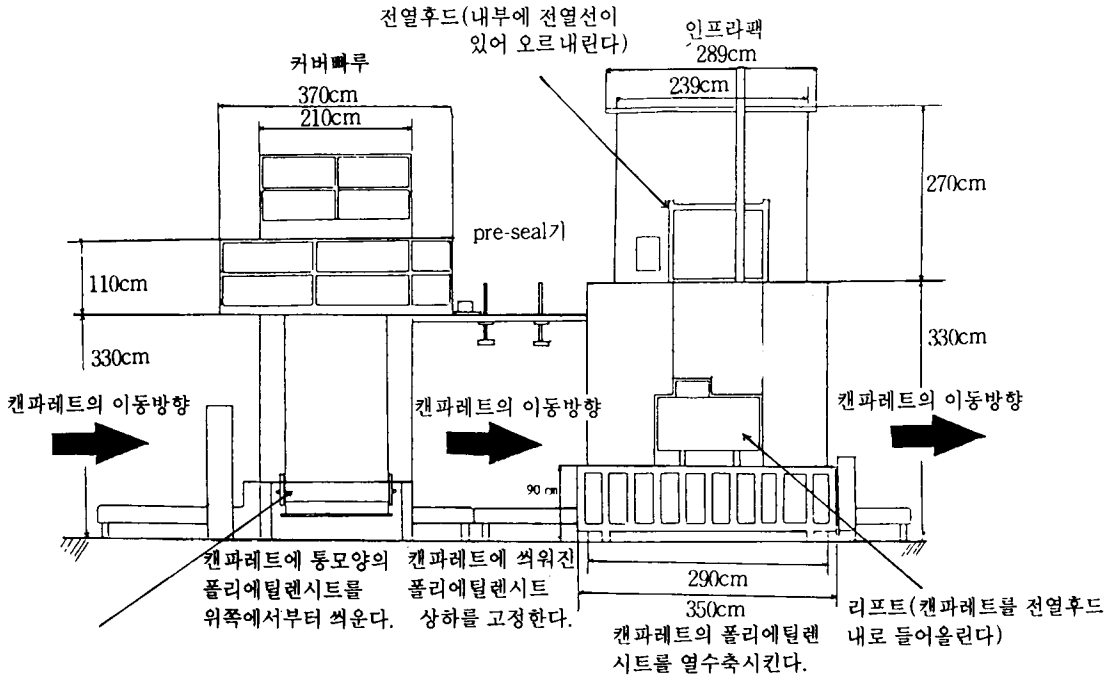
제관라인은 3라인으로 되어 있고, 각각 곤포공정을 갖고 있다. 곤포공정은 통모양의 폴리에틸렌 시트를 씌우는 커버빠루機, 폴리에틸렌 시트의 상부와 아래쪽 4모퉁이를 열착하는



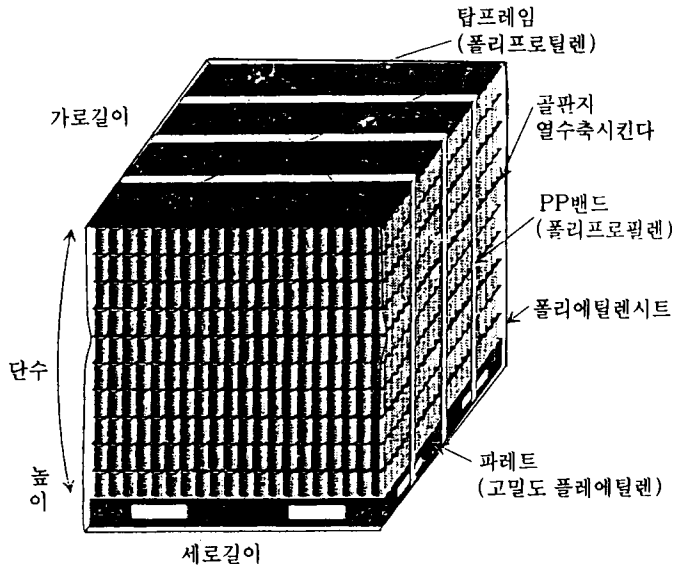
【그림 1】 자동창고 개관도



【그림 2】 stock car 크레인 개관도



【그림 3】 곤포라인 개요



can의 단수	중(mm)	횡(mm)	높이(mm)	무게(kg)	비 고
17	1,130	1,440	2,228	420	16릴 25連 7단 짜에 입고된 것
20	1,130	1,440	2,270	428	16릴 25連 8단 짜에 입고된 것

【그림 4】 캔파레트 개관도

pre-seal機, 씩은 폴리에틸렌 시트를 전열히터로 열 수축시키는 infra pack機로 되어 있고, 이 절차를 거쳐 제품인 캔파레트가 만들어진다. 곤포공정 개요를 그림3에, 캔파레트의 개관도를 그림4에 나타낸다. 이번 화재로 연소한 것은 이러한 캔파레트였다.

#### 다. 화재 발견시 상황

11월 8일 23시 30분경 제품자동창고 2층 사무실에 근무 중이던 종업원이 자동감시모니터의 경보음과 화면으로 창고내 stock car 크레인의 이상을 확인, 이어 23시 31분 경에 상황 확인차 현장으로 가 창고내 8호기 크레인의 위쪽(지상에서 7단계 정도의 높이)에서 화염을 확인하였다. 23시 32분에는 스프링클러가 경보, 23시 40분 경에 사무실의 다른 한 종업원이 소화기를 들고 현장까지 크레인으로 올라가 높이 15cm 정도의 화염을 소화하려 했으나 실패하여 화재가 확대되었다. 사무실에 있던 종업원이 23시 52분에 전화로 소방서에 통보하였다.

이 화재와는 별도로 11월 8일 23시 25분에서 30분 경에 제1제관라인 곤포공정의 인프라팩기 리프트 하부에 깔려 있던 골판지가 약 10cm의 불꽃을 내면서 타고 있는 것을 근처에 있던 종업원이 발견, CO<sub>2</sub> 소화기로 소화한 작은 화재가 있었던 것이 본 화재의 조사중에 밝혀졌다.

### 3. 가상할 수 있는 발화원인

이 화재발견과 거의 같은 시각에 제1제관라인 곤포공정의 인프라팩기 리프트 밑에서 작은 화재가 발견된 사실을 고려, 생각할 수 있는 발화원인을 검토할 때 자동창고 내부뿐 아니라 캔파

레트 운반경로의 상류에 해당하는 곤포공정을 포함한 전 공정에 대해 분석하였다. 착화원으로는 stock ar 크레인의 전기설비의 이상, 방화, 담뱃불 등도 포함하여 검토하였으나 「stock car 크레인 모터 회수와 감별」, 「운전기록의 해석」을 비롯한 각종 검토 결과, 착화원이 자동창고내에 있었다는 가정은 부정되고, 그림5와 같은 fault tree가 작성되었다. 시설에 관한 조사, 관계자의 증언, 화재발생 전후의 시차분석, 필요한 재현실험, 현장검증 등을 통해 가능한 모든 요인이 검토되었다. 그림 속에서 ○는 그 현상이 증명된 루트를, ×는 그 가능성이 부정된 루트를 각각 나타내고 있다.

### 4. 조사 경과

발화원인 조사에서 초기화재가 발견된 장소가 확정되었다. 초기소화에 사용된 소화기가 발견된 장소, 불탄 자리에서 파낸 stock car 크레인 크레인로프의 감겨있는 양 계측, stock car 크레인의 컴퓨터 가동기록 해석 결과, 화재 발견시 stock car 크레인의 승강대는 16렐 25連의 8단계에 위치해 있었음이 분명해져 화재 발견자의 증언과 맞추어 발견시 화재장소가 16렐 25連의 7단 캔파레트와 8단계 캔파레트 사이라고 확정되었다.

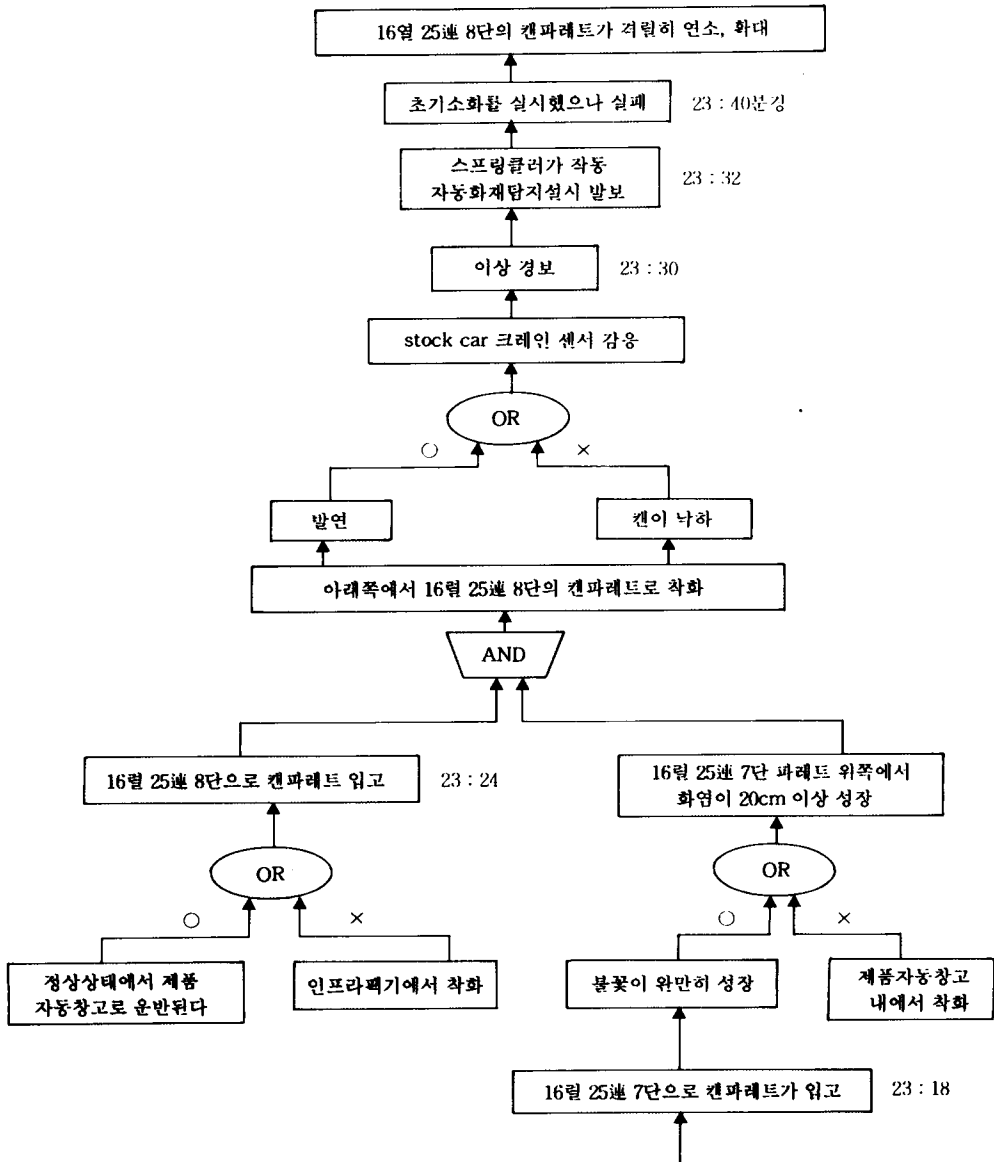
이어, 자동창고에서의 화재발견은 16렐 25連의 8단계에 캔파레트가 반입된 직후였다는 것, 그 직전에 입고된 것이 그 바로 아래인 16렐 25連의 7단계의 캔파레트였다는 것이 밝혀졌다. 「폴리에틸렌 시트의 연소실험」, 「모의 캔파레트를 사용한 폴리에틸렌 시트의 연소실험」, 「실제 캔파레트를 사용한 착화·연소실험」 등으로 캔파레트를 씌우는 폴리에틸렌 시트 각 부위에 착

화한 후의 화재확대속도가 검토되고, 캔파레트가 인프라팩에서 자동창고의 소정의 위치에 입고되기까지의 시간경과의 기록, 화재발견시의 시차분석 비교하였다.

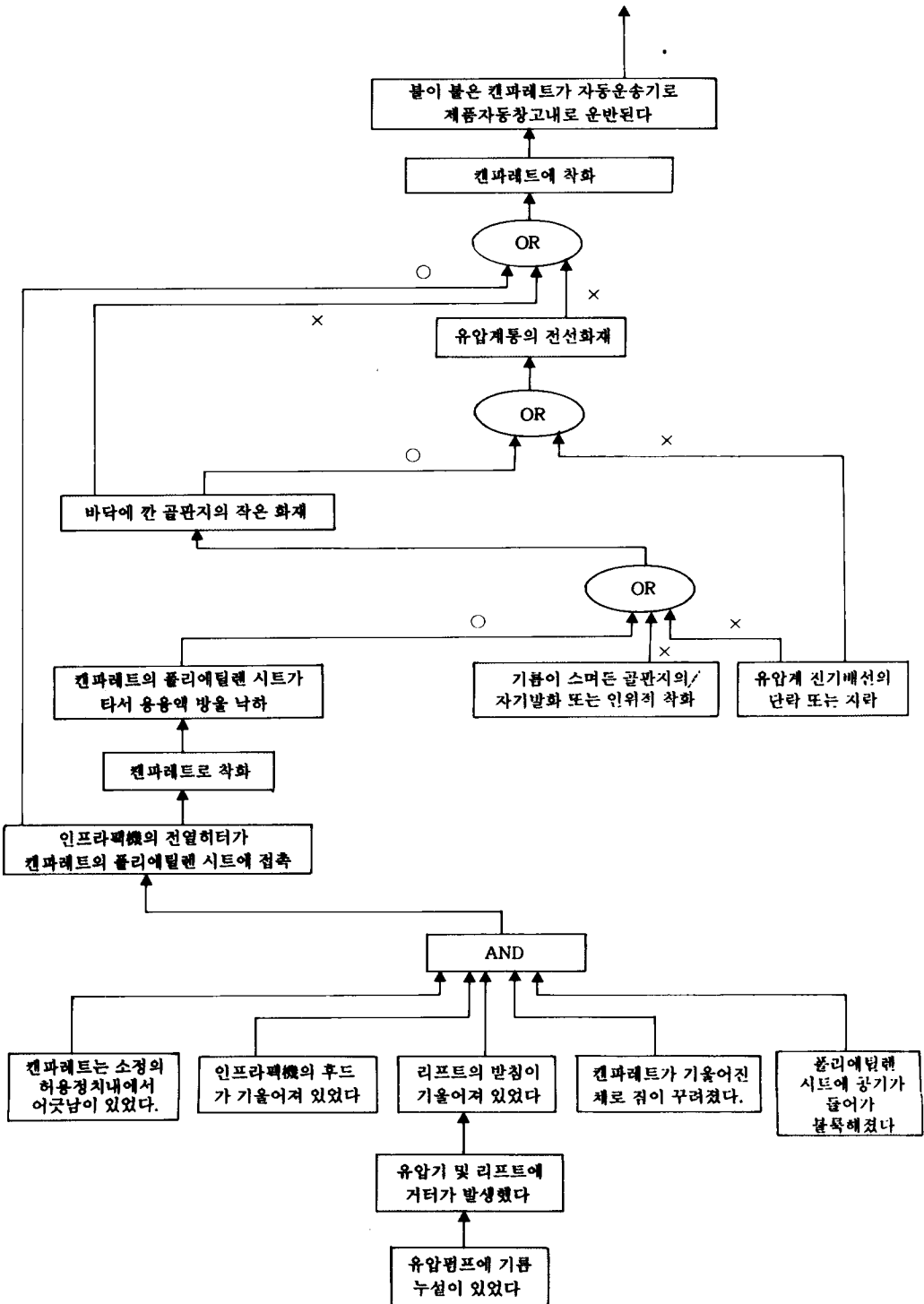
관련된 각 현상의 시차분석을 정리한 것이 표 1이고, 16월 25連 7단 짜에 입고된 캔파레트의 폴리에틸렌시트가 인프라팩을 통과할 때에 착화

했다고 가정한 경우의 화재확대의 시간경과가 스프링클러 작동시간을 포함, 모순 없이 실제로 발생한 시차분석과 일치하고 있다.

「폴리에틸렌 시트의 착화성시험」, 「기름이 스며든 골판지의 착화·연소실험」, 「인프라팩 기 히터 온도측정·전열선과 폴리에틸렌 시트 간격측정 등의 현장검증」, 「인프라팩 리프트의



【그림5-1】 발화원인의 fault tree 해석



【그림 5-2】 발화원인의 fault tree 해석

【표 1】 각 현상의 시차분석 정리

시 각	캔파레트(7단)	캔파레트(8단)	기타 현상	검증 결과	
23 : 11	인프라팩기에 들어간다				
23 : 12	인프라팩기에서 나온다		골판지에 착화	폴리에틸렌 시트에 착화	
23 : 13	무인운송차에 실는다				
23 : 17		인프라팩기에 들어간다			
23 : 18	16렬25連7단으로 입고	인프라팩기에서 나온다			
23 : 19		무인운송차에 실는다		↑ (2)	
23 : 21				↓	
23 : 22					↑
23 : 24		16렬25連8단으로 입고			(3)
23 : 25			↑		↓
23 : 28			(1)		↓
23 : 30			↓ 이상 경보음 발생		
23 : 31			화재확인	↑	
23 : 32			자동화재탐지 경보로 스프링클러 작동	(4)	(5)
23 : 36					

- (1) 23 : 25~23 : 30 골판지의 화재발견
- (2) 23 : 19~23 : 21 화염이 약 20cm로 성장시점 (탑 프레임 모퉁이에 착화했다고 가정)
- (3) 23 : 22~23 : 28 화염이 약 20cm로 성장시점 (측면 폴리에틸렌 시트에 착화했다고 가정)
- (4) 23 : 31~23 : 32 스프링클러 작동예측시점 ((2)에서 화재가 성장한 경우)
- (5) 23 : 31~23 : 36 스프링클러 작동예측시점 ((3)에서 화재가 성장한 경우)

상하 動 브레의 비디오 화상에 의한 해석], 「근 포공정 운전관리기록의 해석」 등의 각종 검증과 「관계자의 증언」을 바탕으로 한 검토를 실시하여 인프라팩기에서 캔파레트의 폴리에틸렌 시트의 착화가 일어날 수 있는 가능성이 증명되었다.

### 5. 정리

「캔파레트의 폴리에틸렌 시트로의 착화가 인프라팩기에서 일어났다는 개연성」에 대해 보고

서에서는 「캔파레트의 폴리에틸렌 시트로의 착화가 인프라팩기에서 일어났다고 할 때 그 후 폴리에틸렌 시트의 연소가 확대하여 자동창고 내에서의 화재가 되어 스프링클러가 작동하기까지의 화재연소의 성장과정이 캔파레트의 반송, 랙 크로의 입고 등의 과정에 맞추어 시차분석에 따라 실증되었다. 즉, 캔파레트로의 착화는 인프라팩기에서 일어났다는 것이 다른 사실에 모순되지 않고 가장 합리적으로 설명 가능하다.」, 「인프라팩기의 바닥 면에 깔려 있던 기름이 스며든 골판지의 소규모 화재는 폴리에틸렌 시트가 연소했을 때에 생성한 불이 붙은 폴리에틸렌의 용

용액 방울이 낙하하여 이것이 골판지에 부착됨으로써 착화원이 되어 발생할 수 있다는 것이 실증되었다. 한편, 골판지의 소규모 화재의 착화원은 이것 이외는 있을 수 없다는 것이 확인되었다. 이상은 골판지의 소규모 화재가 일어나기 전에 캔파레트의 폴리에틸렌 시트의 연소가 이미 시작되었다는 것을 의미한다.»고 기술되어 있다.

또한, 「인프라팩기에서 캔파레트의 폴리에틸렌 시트로의 착화가 일어날 수 있는 가능한 요인」에 대해서는 「인프라팩기는 당시 그 사용목적에 맞추어 완벽하게 만들어진 기계라 하기 어렵고, 그 이전부터 트러블, 부적합이 발생하여 수리, 개량을 반복하면서 사용되고 있었다.», 「캔파레트의 폴리에틸렌 시트와 전열히터의 접근을 용이하게 하는 몇 가지 요인의 존재가 실증되었는데, 이 요인의 효과는 인프라팩기의 가동 중에 운전횟수마다 변동하는 것이고, 따라서 최악의 경우 이 요인들의 조합은 폴리에틸렌 시트가 접촉 착화할 가능성을 시사한다.»고 기술되어 있다.

그리고, 동 보고서는 화재에 이르게 된 주요 경로는 「23시 13분경 캔파레트는 제관공장에서 인프라팩기의 부적합에 의해 캔파레트의 폴리에틸렌 시트와 전열히터의 접촉이 일어나 폴리에틸렌 시트에 착화하여 그대로의 상태로 무인운송차에 실려 창고로 운반되어 들어와 16열 25連 7단에 입고되었다. 이 사이 착화한 화염의 성장은 완만한 것이었다. 그러나, 착화 후 약 11분이 경과하여 제8단에 다음 캔파레트가 입고된 시점에는 7단 캔파레트에 착화하여 있던 화염이 서서히 성장하여 8단의 캔파레트의 바닥 부에 착화하였다. 8단 캔파레트가 연소 확대하여 제어계의 컴퓨터에 「이상」경보가 울렸고, 그 직후에 스프링클러가 작동, 종업원이 소화기로 소화를 시도했으나 실패, 캔파레트의 연소가 다른 곳으로 연소 확대하였다.»고 하는 것이 생각할 수 있는 모든 사실에 모순됨이 없이 가장 가능성이 크다고 결론짓고 있다.

“火災” Vol. 47 No. 1 (97.2)에서 발췌